

論文 ウオータージェットによる処理深さが新旧コンクリートの打継ぎ強度に与える影響

足立一郎^{*1} 追田恵三^{*2} 八尋暉夫^{*3} 光延優一^{*4}

要旨: ウオータージェットを用いて旧コンクリートの表面処理を行い、補助工法なしの鉛直打継ぎ強度を室内実験によって検討した結果、曲げ強度比が80%以上となることを前回に報告した。この場合、表面処理度の目標を幾らに設定すべきかが実際の施工を行う上で重要となる。よって、本研究ではコンクリートの水セメント比を30、50および70%と変え、ウォータージェットの処理条件の水圧および処理回数を変えて処理深さを求め、実験的に新旧コンクリート打継ぎ強度を検討した。その結果、処理深さを7mm以上とすると、80%以上の打継ぎ強度比の得られることが明らかとなった。

キーワード: ウオータージェット、処理深さ、打継ぎ強度比、鉛直打継ぎ

1. はじめに

1995年度の研究[1]では、旧コンクリートの打継面処理にウォータージェット工法の内、スイングジェット処理を行って打継ぎを行ったところ、水平打継ぎでは曲げ強度比が80%以上となったが、鉛直打継ぎの場合は曲げ強度比が60ないし70%となった。鉛直打継ぎの場合は、処理面を鉛直に置いて新コンクリートを打設するため、処理面に沿ってブリージング水が上昇し、不純物が筋状を呈した処理面に付着するためである[2]と判断された。したがって、1996年度の研究[2]では、ノズルが円形を描く様に回転させながら処理するロータリージェット工法を用いて処理面に残る筋を無くした場合、鉛直打継ぎであっても80%以上の曲げ強度比を得ることができた。これらの実験的研究では、処理深さ即ち処理面の凹凸の平均深さを既往の研究[3]を参考にして2ないし4mmと設定した。しかし、ウォータージェット工法は、コンクリート表面の処理メカニズムが水圧を利用した強力な破碎力によるものであるため、深く切削できる特徴を有するが、粗骨材の脆弱部分が破碎して従来の粒子を用いたプラスト工法とは異なった鋭い凹凸面となる。阪神大震災を端緒として、鉄筋コンクリート製橋脚の補強工事が全国的に施工されている現状において、ウォータージェット工法を用いた新旧コンクリートの打継ぎの場合、最も打継ぎ強度の大きい処理深さおよびその処理条件を求ることは極めて有用なことである。したがって、本研究では、水セメント比を30、50、および70%とし、ウォータージェットの処理条件を変えてコンクリートの圧縮強度と処理深さとの関係、処理深さと打継ぎ強度比との関係を求めた。

*1 千葉工業大学教授 工学部土木工学科、工博（正会員）

*2 東海大学助教授 海洋学部海洋土木工学科 工博（正会員）

*3 東海大学教授 海洋学部海洋土木工学科 工博

*4 東海大学大学院生 海洋学部海洋土木工学科

ウォータージェットの処理条件は、主に水圧を500から1500kg/cm²の間で変え、さらに複数回の処理も行って種々の大きさの処理深さとなるようにした。

2. 実験概要

2. 1 使用材料と配合

セメントは普通ポルトランドセメントを使用した。細骨材は富士川産で表乾比重2.62、吸水率1.02、粗骨材は富士川産で表乾比重2.65、吸水率0.81、最大寸法20mmである。コンクリートの配合は砂利使用の1種類とし、水セメント比を30%、50%および70%と変えた。単位水量は水セメント比によらず一定で、180kg/m³である。コンクリートの配合を表-1に示す。

2. 2 供試体

コンクリートの供試体寸法は、標準が10X10X40cmであり、打継いだ場合は旧コンクリート、新コンクリートのいずれも10X10X20cmとした。まず、旧コンクリートを打設して所定の養生を行い、5週間経過した後型枠面10X10cmをウォータージェットで表面処理を行った。

次に標準砂を用いた方法[1]で凹凸の平均深さを求め、これを処理深さとした。この旧コンクリートは室内で16時間の自然乾燥を行って10X10X40cmの型枠にセットして、打継ぎ後

の供試体寸法が10X10X40cmとなるように打継面を鉛直にし、同配合の新コンクリートを打継いだ。コンクリートのスランプは旧コンクリートが13.9-14.7cm、新コンクリートが9.4-10.7cmであった。新コンクリートの打設に際しては、棒状バイブレーターを用いてゆっくりと3ヵ所に差し込んで締め固め、打設面はこてによって水平に均した。

2. 3 供試体の養生

旧コンクリート供試体および圧縮強度試験用の供試体は、打設後養生水槽の中で5週間の標準養生を行った。また、新コンクリートを打継いだ供試体と標準供試体とは4週間の標準養生とした。これらの供試体養生期間については先年度のデータと比較できるように、同じ条件を採用了。

2. 4 旧コンクリートの表面処理

旧コンクリートの打継面をロータリージェットによって表面処理を行った。所要の処理深さを得る為の支配的条件はノズルから噴射する際の水圧であるから、本研究では、水圧を次の通り変えた場合の切削を行った。500kgf/cm²の場合は1回、2回、1000kgf/cm²の場合は1回、2回、1500kgf/cm²の場合は1回、2回および3回とした。ここで、1回とは10X10cmの処理面を1方向に一度のみ切削した場合であり、3回とは、その処理面を2往

表-1 コンクリートの配合

表-1 コンクリートの配合

W/C	単位量(Kg/m ³)				
	W	C	S	G	AE剤
30%	180	600	598	954	3.6
50%	180	360	779	970	0.14
70%	180	257	889	943	0.1

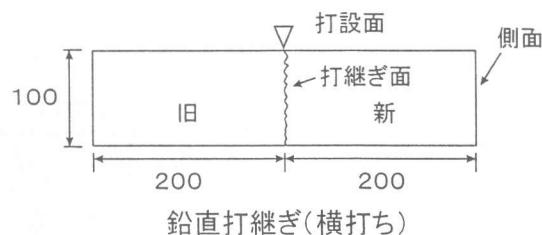
表-2 ウォータージェットの処理条件

水セメント比	30%	50%	70%
水圧(Kgf/cm ²)	500~1500	500~1500	500~1500
ノズル先端口径(mm)	0.3	0.3	0.3
処理限界距離(mm)	15	15	15
操作間隔(mm)	2	2	2
回転速度(rpm)	68	68	68

復と1回の切削を行ったことを示す。

2.5 打継ぎ強度試験

新コンクリートを打設後4週間の標準養生を行い、三等分点二点集中荷載法によって打継ぎ無しの標準供試体および打継いだ供試体の曲げ強度試験を行った。後者の値を前者の値で除したもののが打継ぎ強度比と呼び、この値を打継ぎの効果を表す指標とした。尚、グラフに用いた値は、極めて低強度の二つを除き他は供試体数3個の平均値である。図一1は鉛直打継ぎにおける新旧コンクリートの打継ぎ状態を示す。



図一1 新旧コンクリートの打継ぎ

3. 実験結果と考察

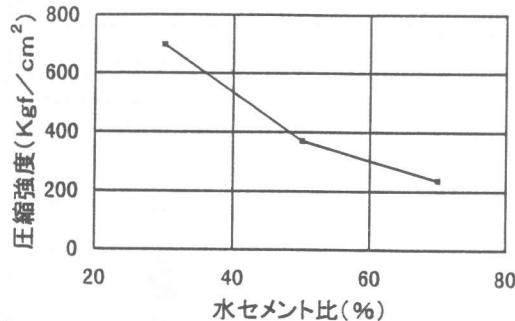
3.1 コンクリートの強度

図一2は使用したコンクリートの水セメント比と圧縮強度との関係である。また、図一3は打継ぎを行わない標準供試体の水セメント比と曲げ強度との関係である。圧縮強度は水セメント比が大きくなるほど小さくなる傾向を示している。また、曲げ強度は水セメント比が大きいほど減少しており、圧縮強度と対応する傾向となっている。すなわち、水セメント比30%のとき圧縮強度698kgf/cm²、曲げ強度73kgf/cm²、以下50%で圧縮強度370kgf/cm²、曲げ強度56kgf/cm²、70%で圧縮強度237kgf/cm²、曲げ強度43kgf/cm²である。

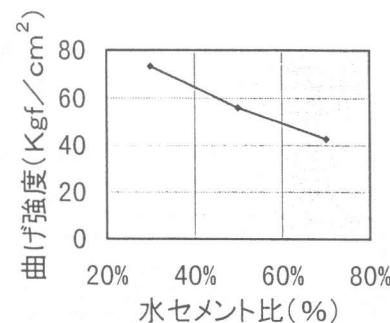
3.2 旧コンクリートの処理深さ

旧コンクリートに相当する供試体の型枠側面に当たる10×10cmの面をロータリージェット[2]によって処理した。表一3は各水セメント比のコンクリートに対する水圧の大きさと切削回数、それらの条件によって生ずる処理深さの平均および平均曲げ強度比を示したものである。尚、水圧500kgf/cm²における処理深さが示されていない場合は、その値が極めて小さかったので省略した。

これらの結果を図一4で表した。横軸に処理条件すなわち水圧と切削回数、これらに対応する平均処理深さを縦軸に表した。全般的に水圧の作用が大きくなるほど処理深さは指数関数的に大きくなっている。また、水セメント比が小さい、すなわち圧縮強度の大きいコンクリートほど処理深さは小さい。これらの傾向は、圧縮強度の大きいコンクリートほど大きい水圧を必要とし、一方所の切削回数を重ねると、処理深さが急激に大きくなることを示している。



図一2 水セメント比と圧縮強度

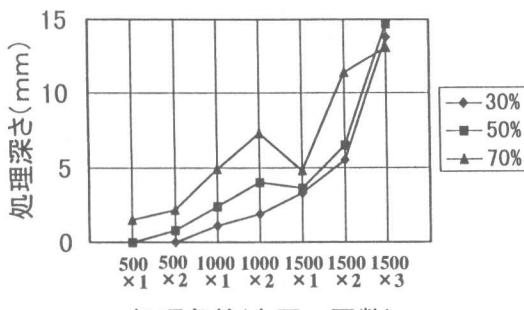


図一3 水セメント比と曲げ強度

図一5は、コンクリートの圧縮強度と処理深さとの関係を示した。(a)は水圧 1000kgf/cm^2 の場合であって、(b)が水圧 1500kgf/cm^2 の場合である。いずれも、圧縮強度が大きくなると処理深さが小さくなっているが、 1500kgf/cm^2 では切削回数を3回とした場合、圧縮強度によらず大きな処理深さとなっている。切削回数と処理深さとの関係は既往の研究[4]のFig-8で実験的に検討した通りの傾向を示した。この理由については今後実験的に検討したい。表一4は $10 \times 10 \times 20\text{cm}$ の角柱を打設する際に、底面の部分に先に述べた鋼球を底面が平滑さを保持するように埋め込み硬化した後、表面処理を行った際の処理条件の例を示した。表の1/3、および2/3はそれぞれ鋼球の直径に対する処理深さを表している。しかし、実際の施工では、複数回の施工は経済的理由で採用され難い。従つて、所要の処理深さと1回の切削で処理できる機械との関係を考慮する必要がある。

表一3 処理条件(水圧×処理回数)、処理深さ、曲げ強度比

処理条件	水セメント比(%)	平均処理深さ(mm)	平均曲げ強度比(%)
500×1	30	—	18.21
	50	—	33.45
	70	1.5	68.03
500×2	30	—	37.97
	50	0.8	61.90
	70	2.2	61.19
1000×1	30	1.1	65.79
	50	2.4	88.62
	70	4.9	66.32
1000×2	30	1.9	72.08
	50	4.0	87.54
	70	7.3	83.60
1500×1	30	3.3	86.45
	50	3.6	72.66
	70	4.8	72.79
1500×2	30	5.5	94.05
	50	6.5	78.96
	70	11.4	68.68
1500×3	30	13.8	90.00
	50	14.7	96.75
	70	13.1	87.30



図一4 処理条件と処理深さ

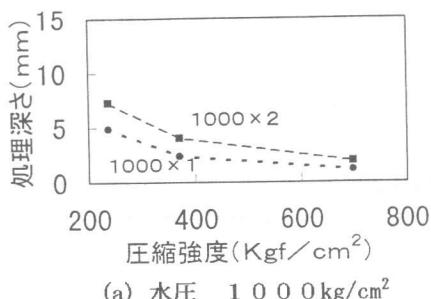
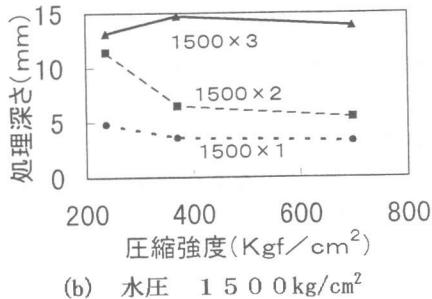
表一4 埋め込んだ鋼球の切削における処理条件

(a) 20mmの鋼球の直径の1/3の処理深さ

水セメント比	30%	50%	70%
水圧(kgf/cm^2)	1500	1200	1000
ノズル先端口径(mm)	0.3	0.3	0.3
処理限界距離(mm)	15	15	15
操作間隔(mm)	2	2	2
回転速度(rpm)	68	72	75

(b) 20mmの鋼球の直径の2/3の処理深さ

水セメント比	30%	50%	70%
水圧(kgf/cm^2)	1500 × 4	1200 × 5	1000 × 5
ノズル先端口径(mm)	0.3	0.3	0.3
処理限界距離(mm)	15	15	15
操作間隔(mm)	2	2	2
回転速度(rpm)	68	72	75

(a) 水圧 1000 kg/cm²(b) 水圧 1500 kg/cm²

図一5 圧縮強度と処理深さ

30%

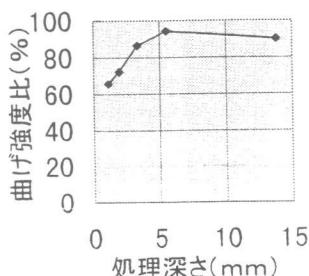
処理深さ(mm)	曲げ強度比(%)
1.1	65.79
1.9	72.08
3.3	86.45
5.5	94.05
13.8	90.00

50%

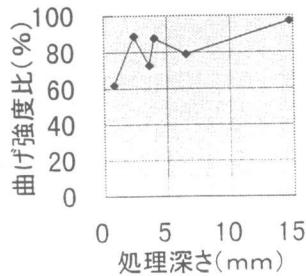
処理深さ(mm)	曲げ強度比(%)
0.8	61.90
2.4	88.62
3.6	72.66
4.0	87.54
6.5	78.96
14.7	96.75

70%

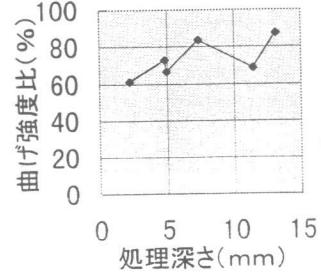
処理深さ(mm)	曲げ強度比(%)
2.2	61.19
4.8	72.79
4.9	66.32
7.3	83.60
11.4	68.68
13.1	87.30



(a) W/C = 30%



(b) W/C = 50%



(c) W/C = 70%

図一6 処理深さと曲げ強度比

図一6は処理深さと曲げ強度比の関係である。(a)はコンクリートの水セメント比が30%の場合であり、(b)が水セメント比50%、(c)が水セメント比70%の場合である。曲げ強度比は水セメント比が小さい程大きくなり、水セメント比が大きくなると小さくなる傾向を示している。水セメント比30%の場合は、処理深さ5mm程度までは、処理深さに比例して曲げ強度比が大きくなっているが、5mmを越えると増加しない。しかし、曲げ強度比80%を目標にすると、5mm程度で良いと推察される。水セメント比50%の場合は、処理深さ3.6mmで急に低下しているが、3個の内の一つのデータが59%と小さく現れた為であって他の二つのデータは約80%であった。従って、この場合も5mm程度の処理深さがあると80%以上の曲げ強度比が得られる。また、処理深さの増加に伴って曲げ強度比は大きくなると推察される。水セメント比70%の場合は、処理深さが11.4mmの場合に得られたデータは二個であって、一個が81%、他の一個が69%であった。この場合、全体的な傾向としては処理深さの増加に伴つて曲げ強度比が増加すると考えられる。従って、80%以上の曲げ強度比を得る為には、7mm以上の処理深さが要求される。

4. まとめ

- 本研究によって得られた知見は以下の通りである。
- (1) 80%以上の曲げ強度比を得る為には、ロータリージェットによる処理深さを7mm以上とする必要がある。
 - (2) コンクリートの強度が大きいほど大きな水圧を必要とする。
 - (3) 曲げ強度比は水セメント比30、50%の場合の方が水セメント比70%の場合より大きくなる。

参考文献

- [1] 迫田恵三、足立一郎：ウォータージェットを用いた新旧コンクリートの打継ぎに関する研究、コンクリート工学年次論文報告集、Vol. 17, No. 1, 1995
- [2] 足立一郎、五十嵐英幸、迫田恵三、八尋暉夫：ウォータージェットを用いた新旧コンクリートの打継ぎに関する研究、コンクリート工学年次論文報告集、Vol. 18, No. 1, 1996
- [3] 足立一郎、小林一輔：ショットブラストを利用した新旧コンクリートの打継ぎ工法に関する研究、土木学会論文集、第373号、1986
- [4] Ichiro ADACHI, Shigemi SAKODA, Teruo YAHIRO :AN INVESTIGATION STUDY OF THE TREATMENT OF CONSTRUCTION JOINTS IN CONCRETE STRUCTURES USING WATER JET METHOD
Proceedings of 4th Pacific International Conference, pp. 369-378, 1995